

Frontzahntrauma: Zahnhartsubstanzverletzungen

Gabriel Krastl, Andreas Filippi, Roland Weiger

Übersicht

Einleitung	519
Diagnostik und Klassifikation	519
Therapie	521
Nachsorge und Prognose	533

Einleitung

Neben einfachen Dislokationsverletzungen wie Konkussion oder Lockerung gehören Frakturen der Zahnkrone zu den häufigsten Folgen nach einem Zahntrauma. Im Gegensatz dazu sind Frakturen der Wurzeln eher seltene Ereignisse [1]. Zahnfrakturen treten bevorzugt im bleibenden Gebiss auf.

Merke: Im Milchgebiss ist aufgrund der elastischeren Knochenstruktur eher mit Dislokationsverletzungen zu rechnen.

Aus therapeutischer Sicht stehen restaurative und endodontische Aspekte im Vordergrund [2]. Verletzungen parodontaler Strukturen müssen insbesondere bei Wurzelquerfrakturen und Kronen-Wurzel-Frakturen aufgrund der Dislokation des kronentragenden Zahnfragmentes berücksichtigt werden.

Der vorliegende Beitrag bietet eine knappe Übersicht des aktuellen Wissens zur Behandlung von Zahnfrakturen. Die vorgestellten Therapiekonzepte sind einerseits weitgehend im Einklang mit den aktuellen Richtlinien der International Association of Dental Traumatology (IADT) [3] und spiegeln andererseits die eigenen Erfahrungen und Sichtweisen am Zahnunfallzentrum Basel wider.

Diagnostik und Klassifikation

Zahnfrakturen betreffen primär den Zahnschmelz und/oder das Dentin. In vielen Fällen ist eine Beteiligung des Endodonts entweder direkt – bei entsprechendem Frakturverlauf – oder indirekt im Sinne der Entstehung potenzieller Eintrittsstellen für Mikroorganismen bei Dentinwunden gegeben (Tab. 1). Weiterhin kann die frakturauslösende Krafteinwirkung zusätzlich eine Schädigung des Parodonts herbeiführen.

Tabelle 1

Übersicht Zahnfrakturen

Traumaform	Besonderheiten
Schmelzriss	<ul style="list-style-type: none"> sichtbarer Riss des Zahnschmelzes ohne Substanzverlust
Kronenfraktur (mit und ohne Pulpabeteiligung)	<ul style="list-style-type: none"> Schmelz- oder Schmelz-Dentin-Fraktur mit möglicher Freilegung der Pulpa
Kronen-Wurzel-Fraktur (mit und ohne Pulpabeteiligung)	<ul style="list-style-type: none"> bis in die Wurzel extendierte Kronenfraktur mobiles Kronenfragment oftmals noch an der Gingiva befestigt Freilegung der Pulpa häufig, aber nicht zwingend
Wurzelquerfraktur	<ul style="list-style-type: none"> horizontale bzw. schräge Fraktur der Zahnwurzel oftmals erhöhte Mobilität des koronalen Fragments ggf. mit Dislokation in Abhängigkeit von der Lokalisation des Frakturspalts Kommunikation zur Mundhöhle über den Sulkus möglich

Abb. 1 Für eine übersichtliche Dokumentation aller verletzten Zähne hat sich ein einfaches Traumachart bewährt. In diesem Fall (klinische Situation in Abb. 3) handelt es sich um Konkussionen der Zähne 11 und 21 sowie um Lockerung des Zahns 22. Die Frakturverläufe an den beiden mittleren Inzisivi sind eingezeichnet.

Klinik für zahnärztliche Chirurgie,
-Radiologie, Mund- und
Kieferheilkunde



zahnunfallzentrum
Universitätskliniken für Zahnmedizin | Universität Basel

Klinik für Parodontologie,
Endodontologie und
Kariologie

Zahntrauma

Name, Vorname: xxxxxx

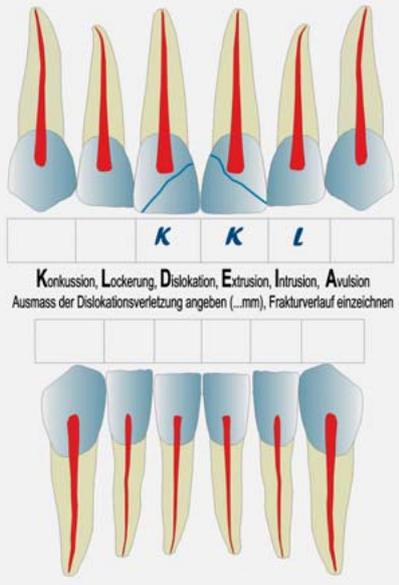
Geburtsdatum: xxxxxx
KG Nr.: xxxxxx

Unfalldatum: xxxxxx
Datum Befund: xxxxxx

Bemerkungen: Zahnfragmente 45 Minuten trocken gelagert

Primärversorgung: Abdeckung der Dentinwunden

Weiterbehandlung: Dr. Krastl



Konkussion, Lockerung, Dislokation, Extrusion, Intrusion, Avulsion
Ausmass der Dislokationsverletzung angeben (...mm), Frakturverlauf einzeichnen

Vor diesem Hintergrund ist eine ausführliche Diagnostik erforderlich, mit dem Ziel, sämtliche Begleitverletzungen sowohl an den offensichtlich betroffenen Zähnen als auch an potenziell mitbeteiligten Zähnen in der verletzten Mundregion zu erfassen.

Die standardmäßige klinische Untersuchung beinhaltet – wie für alle Zahntraumata – die Feststellung von Zahnlockerungen, Dislokationen, zirkulären Sondierungstiefen, Verletzungen der Weichgewebe sowie die Überprüfung von Sensibilität und Perkussion [4]. Die radiologische Untersuchung schließt sich an. In ausgewählten Fällen (beispielsweise bei Wurzelquerfrakturen) liefern dreidimensionale Volumentomogramme, die in spezialisierten Zentren zu finden sind, wertvolle Informationen für die anschließende Therapie.

Merke: Klinischer und röntgenologischer Befund gehören zur Standarddiagnostik bei Zahntraumata. Die Volumentomografie kann im Einzelfall indiziert sein.

Nicht zuletzt aus forensischen Gründen ist ein Abschluss von Alveolarfortsatz-, Unterkiefer-, Mittelgesichtsfrakturen und weiteren schwerwiegenderen Verletzungen im Kopf-Hals-Bereich erforderlich.

Aus der vollständigen Erfassung und der übersichtlichen Dokumentation aller Befunde leiten sich die Diagnose sowie alle notwendigen Therapieschritte ab. Bewährt hat sich im Zahnunfallzentrum Basel die Verwendung eines einfachen, übersichtlichen, grafischen Traumacharts (Abb. 1), um auch im Rahmen der Nachkontrollen weniger offensichtliche Verletzungen nicht zu übersehen (siehe auch www.zahnunfall.unibas.ch).

Die meisten Frakturen sind im Kronenbereich lokalisiert und daher klinisch leicht zu diagnostizieren. Intraalveoläre Frakturen bedürfen bildgebender Verfahren. Die Frakturverläufe folgen typischen Spannungslinien, die sich zwischen der Region der Kräfteinleitung und der Zahnabstützung in der Alveole ergeben (Abb. 2).

Schmelzrisse

Das Beleuchten des Zahnes mit unterschiedlichen Lichtquellen aus verschiedenen Richtungen oder durch die Zahnhartsubstanz lässt die feinen Diskontinuitäten im Schmelz optisch besser hervortreten und hilft bei der Beurteilung des Ausmaßes. Eine genaue Einschätzung der Tiefe und einer möglichen Rissausbreitung im Dentin im Sinne einer Infraktur ist meistens nicht möglich.

Merke: Traumatisch bedingte Schmelzrisse verlaufen meistens quer zur Zahnachse und werden häufig übersehen.

Kronenfrakturen

Kronenfrakturen können sich auf den Schmelz beschränken oder das Dentin mit einbeziehen. Bei Letzteren kann es in Abhängigkeit des Frakturverlaufs zu einer Freilegung der Pulpa kommen. Schmelzfrakturen sind häufig im Inzisalbereich lokalisiert und hinterlassen eine raue, scharfkantige Oberfläche. Unter der Voraussetzung, dass keine begleitende Dislokationsverletzung am selben Zahn vorliegt, ist nicht mit Symptomen zu rechnen. Bei Kronenfrakturen, die zusätzlich das Dentin oder die Pulpa betreffen, ist eine erhöhte Temperaturempfindlichkeit zu verzeichnen.

Kronen-Wurzel-Frakturen

Kronen-Wurzel-Frakturen haben bei Oberkieferfrontzähnen einen typischen Verlauf. Während die Fraktur im labialen Schmelzbereich para- oder supragingival lokalisiert ist, reicht der Defekt palatinal oftmals weit in den Wurzelbereich hinein. Typischerweise ist das Fragment zwar locker, aber palatinal noch durch Parodontalfasern befestigt. Röntgenologisch fällt meistens nur eine Frakturlinie auf. Sie entspricht dem bukkalen Frakturverlauf. Die palatinal gelegene Fraktur lässt sich aufgrund der Überlagerung mit dem Alveolarknochen und der fehlenden Diastase zwischen den Fragmenten in diesem Bereich meistens nicht darstellen. Eine Beteiligung der Pulpa ist häufig, aber nicht zwingend vorhanden.

Merke: Zur Beurteilung des Frakturausmaßes der Kronen-Wurzel-Fraktur ist die Entfernung des koronalen Fragments erforderlich.

Wurzelquerfrakturen

Wurzelquerfrakturen werden oftmals erst nach radiologischer Darstellung diagnostiziert. Insbesondere bei nicht eindeutigen Befunden helfen exzentrische Aufnahmen, den schrägen Frakturverlauf besser darzustellen.

Merke: Eine apikal exzentrische Röntgenaufnahme kann bei Oberkieferfrontzähnen den Frakturspalt der Wurzel darstellen.

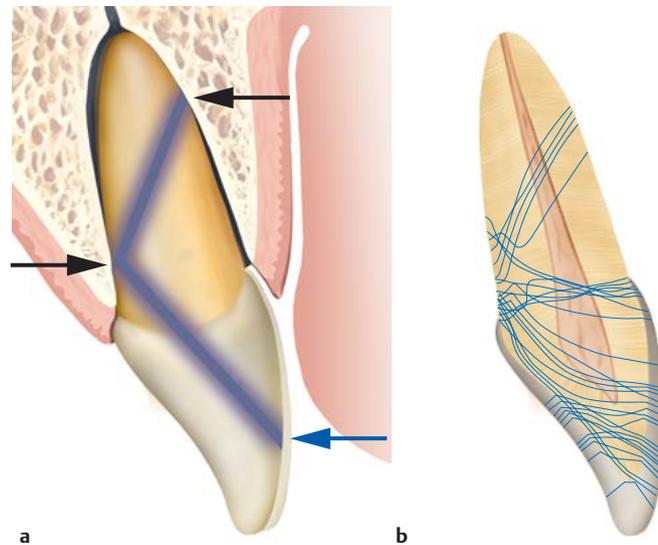


Abb. 2a und b a Darstellung der Spannungslinien im Zahn nach Van Waes [28]. b Typischer, den Spannungslinien entsprechender Verlauf von Frakturlinien nach Krafteinwirkung [1, 28].

Falls verfügbar, bieten Volumentomogramme wertvolle Informationen bezüglich der Lage des Frakturspaltes in Relation zum Sulkus. In ungünstigen Fällen besteht (oftmals palatinal) eine Verbindung zur Mundhöhle. Da Wurzelquerfrakturen immer mit einer Dislokationsverletzung des koronalen Fragments einhergehen, kann dieses gelockert oder disloziert sein. In Abhängigkeit von der daraus resultierenden Pulpaschädigung kann die Reaktion auf den Sensibilitätstest ausbleiben.

Merke: Wurzelquerfrakturen mit Verbindung des Frakturspalts zur Mundhöhle sind prognostisch ungünstig.

Therapie

Bei der Therapie von Zahnfrakturen stehen endodontische und restaurative Aspekte im Vordergrund. Generell muss bei der Notfallbehandlung keine definitive Versorgung erfolgen. Im Rahmen der Primärtherapie reichen einfache Maßnahmen, die eine Vitalerhaltung des Zahnes begünstigen. Diese beinhalten das Abdecken vorhandener Dentinwunden oder die Schienung bei Wurzelquerfrakturen. Insbesondere bei Zähnen ohne abgeschlossenes Wurzelwachstum ermöglicht der Erhalt der Vitalität den physiologischen Abschluss des Wurzelwachstums. Eventuell erforderliche restaurative und/oder weiterführende endodontische Maßnahmen können zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen.

Schmelzriss

In-vitro-Untersuchungen konnten Schmelzrisse zwar als potenzielle Eintrittsstelle für Mikroorganismen identifizieren [5], jedoch ist eine tatsächliche Infektion des endodontischen Systems bei abwehrfähiger Pulpa nicht zu erwarten. Eine Versiegelung unter Anwendung der Säureätztechnik kann in Einzelfällen, bei ausgeprägten Schmelzrissen und/oder vorhandener Vorschädigung der Pulpa bei gleichzeitiger Dislokationsverletzung sinnvoll sein.

Merke: Schmelzrisse bedürfen im Regelfall keiner speziellen Therapiemaßnahmen.

Kronenfraktur ohne Pulpaeröffnung

Bei reinen Schmelzfrakturen ist eine restaurative Versorgung (wenn ästhetisch vertretbar) nicht zwingend erforderlich. Die scharfen Kanten werden in diesem Fall geglättet und poliert. Alternativ bietet sich die Versorgung mit Komposit an, wobei aufgelockerte Schmelzprismen im Sinne einer Abschrägung der Frakturgrenzen entfernt werden müssen.

Die meisten Kronenfrakturen hinterlassen eine Dentinwunde. In pulpanahen Bereichen besteht die Gesamtquerschnittsfläche zu 80% aus den Lumina der Dentintubuli. Dies birgt eine hohe Infektionsgefahr für die Pulpa. Ein im Rahmen der Primärversorgung erfolgter Dentinwundverband wird (eventuell unter Belassen der pulpanahen Anteile) entfernt und die Frakturfläche anschließend mit einem Bürstchen und Bimsmehl bearbeitet. Dieser Reinigungsschritt muss mit größter Sorgfalt erfolgen und soll einen negativen Einfluss auf die Adhäsion von Kompositmaterialien verhindern. Bei Entfernung eines adhäsiven Wundverbandes empfiehlt sich das Anfrischen der Klebefläche mit einem Feinkorndiamanten.

Merke: Unversorgte Dentinwunden nach Kronenfraktur gefährden die Vitalität der Pulpa. Darüber hinaus steigt das Infektionsrisiko bei begleitender Dislokationsverletzung maßgeblich.

■ Reattachment-Restoration

Gute Voraussetzungen zur Wiederherstellung von Funktion und Ästhetik bietet das adhäsive Wiederbefestigen des koronalen Fragments [6] (Abb. 3 bis 6). Bei multiplen Fragmenten sprechen die Schwierigkei-

Praxistipp

Rehydrierung des Fragments

Die Rehydratationszeit vor dem Wiederbefestigen kann durch Fragmentlagerung in einem mit Wasser gefüllten Drucktopf verkürzt werden.

ten im Handling und ein eventuell suboptimales ästhetisches Ergebnis vielfach gegen ein Reattachment. Bei feuchter Lagerung nach dem Unfall kann das Wiederbefestigen prinzipiell schon bei der Notfallversorgung erfolgen und hilft so das Entfernen eines Wundverbandes zu vermeiden. Kam es aber posttraumatisch zu einer längeren Trockenlagerung des Fragments, sind sowohl das ästhetische Ergebnis als auch die Komposithaftung kompromittiert [7]. Beides lässt sich durch eine Lagerung in Wasser für mehrere Stunden lösen.

Merke: Eine Aufbewahrung von Kronenfragmenten in speziellen Nährlösungen ist nicht erforderlich, da keine vitalen Zellen am Leben erhalten werden müssen.

Allerdings ist aus Gründen der Vereinfachung für Laien die generelle Empfehlung zu rechtfertigen, dass sämtliche Zahnanteile in einer Zahnrettungsbox gelagert werden sollten.

Ist eine Rehydrierung des Fragments erforderlich, empfiehlt es sich, das Reattachment am Folgetag vorzunehmen und zwischenzeitlich das Dentin mit einem besser entfernbaren Material (z. B. lichhärtender Kalziumhydroxid-Zement Ultrablend Plus, Ultradent Products, South Jordan, UT, USA) abzudecken.

Vor dem Wiederbefestigen werden Zahn und Bruchstück mit einem Adhäsivsystem vorbehandelt. Generell sind mehrschrittige Systeme mit Phosphorsäure-Ätzung den vereinfachten Produkten vorzuziehen.

Merke: Ein Vorhärten des Bondings würde die Passung beeinträchtigen und ist zu unterlassen.

Als Befestigungsmedium eignen sich Composite mittlerer Konsistenz (Flowables). Neueren Untersuchungen zufolge kann bei Einsatz eines gefüllten mehrschrittigen Adhäsivsystems (Optibond FL, Kerr Hawe, Bioggio, Schweiz) die zusätzliche Verwendung des Befestigungskomposits entfallen [8]. Andererseits können Composite eventuelle Inkongruenzen bei zusätzlichen Aussprengungen im Randbereich ausgleichen.



Abb. 3 Kronenfrakturen 11 und 21 und Abdeckung der Dentinwunden mit einem Kalziumhydroxid-Zement im Rahmen der Primärversorgung.



Abb. 4 Die mit Bonding angebrachten Manipulationshilfen erleichtern das Handling während der anschließenden Konditionierung der Fragmente.



Abb. 5 Nach Kofferdamentfernung ist der Übergang zwischen Zahn und Fragment deutlich sichtbar.



Abb. 6 Die klinische Situation nach zwei Jahren belegt das gute ästhetische Ergebnis der Reattachment-Restauration.



Abb. 7 Unkomplizierte Kronenfrakturen der beiden mittleren Inzisivi.



Abb. 8 Nach Mock-up mit Komposit kann die palatinale Zahnkontur mithilfe eines kleinen Silikonabdrucks festgehalten werden.

Praxistipp

Schmelzanschrägung ja oder nein?

Vergrößerungen der Adhäsionsfläche durch präparative Maßnahmen wie Schmelzanschrägungen verbessern zwar die Haftkraft, erschweren aber die Reposition des Fragmentes. Ein hohlkehliges Ausschleifen der Frakturlinie nach adhäsiver Wiederbefestigung mit anschließender Kompositrestauration kann in Einzelfällen bei geringer Adhäsionsfläche erfolgen.

Merke: Ausgetrocknete Zahnfragmente beeinträchtigen das ästhetische Ergebnis und die Haftwerte. Eine Lagerung in Wasser (idealerweise in einem Drucktopf) vor Reattachment ist zu empfehlen.

■ Direkte Kompositrestauration

Wenn aufgrund multipler oder fehlender Bruchstücke diese schwer oder nicht reponierbar sind, bieten aktuelle Kompositmaterialien hervorragende Möglichkei-



Abb. 9 Die mit Systemp Onlay am Nachbarzahn fixierte und anatomisch auskonturierte Transparentmatrize gibt die approximale Kontur des Zahnes in idealer Form wieder.

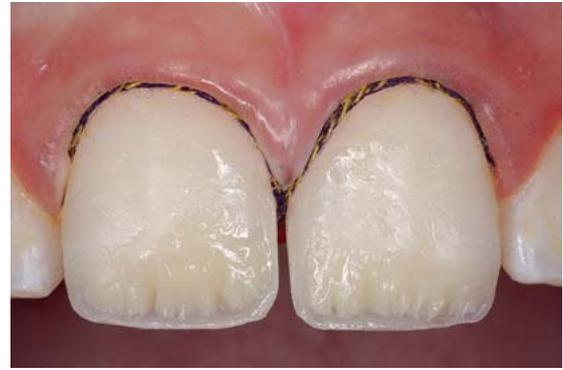


Abb. 10 Mithilfe des Silikonschlüssels werden zunächst die palatinalen und approximalen Wände mit einer Schmelzmasse und anschließend die Dentinanteile mit einer opaken Dentinmasse aufgebaut.

Abb. 11 Die richtige Schichtung und eine natürliche Mikromorphologie der Oberfläche lassen die Kompositaufbauten „unsichtbar“ erscheinen.



ten der restaurativen Versorgung (Abb. 7). Während kleinere Defekt problemlos „frei Hand“ aufgebaut werden können, ist bei Verlust größerer koronaler Zahnanteile die Simulation des Behandlungsergebnisses im Sinne eines Wax-up (falls ein aktuelles Gipsmodell verfügbar ist) oder eines im Mund direkt hergestellten Mock-ups aus Komposit sinnvoll (Abb. 8).

Mock-up

Der Begriff Mock-up leitet sich aus dem Englischen ab und bedeutet so viel wie „Nachahmung“.

Praxistipp

Vorgehensweise bei Frontzahnkompositrestaurationen

- Entscheidend ist hierbei die Herstellung der oralen und inzisalen Kontur der Zahnkrone (Mock-up). Diese kann anschließend mithilfe eines Schlüssels aus Silikonnetmasse festgehalten werden. Ohne Anwendung eines Adhäsivsystems kann dieses sogenannte Mock-up problemlos vom Zahn entfernt werden.
- Die Ansträgung der Schmelzränder schließt sich an. Der Kompositaufbau erfolgt vorzugsweise unter Kofferdam – alternativ können Retraktionsfäden eine Kontamination der Adhäsivflächen mit Sulkusfluid bei gingivanahen Restaurationen verhindern. Zur Erzielung optimaler Ergebnisse ist die Verwendung spezieller ästhetischer Composite ratsam. Diese stellen dem Behandler Massen unterschiedlicher Opazität zur Verfügung und ermöglichen so eine am natürlichen Zahnaufbau angelehnte Schichttechnik.
- Mit einer dünnen Schicht transparenter Schmelzmasse, die im Silikonschlüssel platziert und vor der Lichthärtung auf die Zähne übertragen wird, können die palatinalen Zahnanteile gebildet werden.
- Zur Herstellung möglichst naturgetreuer approximaler Zahnkonturen können verschiedene Matrizentechniken eingesetzt werden. Für schwierigere Fälle hat sich die von Klaiber und Mitarbeitern vorgeschlagene individuelle Matrizentechnik bewährt, bei der Transparentmatrizen mit einem temporären Füllungsmaterial (z. B. Systemp Onlay, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) am Nachbarzahn fixiert und vor dem Aushärten so bearbeitet werden, dass eine optimale Form des Approximalraums entsteht [9] (Abb. 9).
- Die weitere Schichtung erfolgt mit opakeren Dentinmassen, welche den Dentinkern aufbauen. Im Vergleich zum natürlichen Zahn ist dieser größer, bedeckt teilweise die Schmelzabschrägung und belässt im labialen Bereich nur noch wenig Platz für die bedeckende Schmelzmasse (Abb. 10).
- Bei Bedarf, bzw. entsprechendem Aussehen der Nachbarzähne kann der Inzisalbereich durch hochtransparente Massen charakterisiert werden, die vorhandene Mamelonstrukturen des Dentinkerns optisch hervortreten lassen.
- Weitere Individualisierungen können mit Kompositmal Farben erreicht werden. Mit entsprechenden Finier- und Poliertechniken lassen sich Oberflächenglanz und Mikromorphologie nahezu perfekt an die übrige Dentition anpassen (Abb. 11). Hervorragend abgebildete Step-by-Step-Anleitungen zum klinischen Vorgehen bei ästhetischen Frontzahnrestaurationen finden sich in einem kürzlich erschienenen Buch von Hugo [10].

■ Laborgefertigte Restauration

Vor dem Hintergrund hervorragender ästhetischer Resultate ist der Einsatz von Vollkeramikrestorationen (Keramikveneers oder Kronen) immer als Alternative zur direkten Komposittechnik zu sehen [11]. Andererseits können präparative Maßnahmen insbesondere bei jungen Zähnen mit ausgedehntem Pulpalumen eine zusätzliche Schädigung für die Pulpa mit sich bringen. Diese Überlegungen lassen im Zahnunfallzentrum Basel laborgefertigte Restaurationen eher für die Restauration ausgedehnter Substanzdefekte bei erwachsenen Patienten sinnvoll erscheinen.

Merke: Insbesondere bei Zähnen mit nicht abgeschlossenem Wurzelwachstum (und großer Ausdehnung der koronalen Pulpa) sind minimal-invasive Kompositrestaurationen den invasiveren laborgefertigten Restaurationen vorzuziehen.

Kronenfraktur mit Pulpaeröffnung

Bei vorhandener Pulpaeröffnung ist – falls nicht bereits im Rahmen der Primärversorgung erfolgt – vor restaurativer Versorgung eine endodontische Therapie erforderlich. Sie ist abhängig vom vermuteten Zustand der Pulpa. Verschiedene Faktoren wie Expositionszeit, Größe der Pulpaeröffnung, Stand des Wurzelwachstums, Patientenalter, Grad der pulpalen Vorschädigung geben indirekt Hinweise auf das pulpale Regenerationsvermögen.

Der wesentliche Faktor ist nach heutigem Wissensstand die Dauer bis zur Erstversorgung.

Merke: Je länger die Pulpa dem oralen Milieu ausgesetzt ist, desto eher ist mit einer Teilinfektion oder Infektion der Gesamtpulpa zu rechnen.

Ferner kann die Abwehrfähigkeit der Pulpa bei entsprechender Vorschädigung durch Karies, älterem Zahnunfall oder begleitender Dislokationsverletzung beim aktuellen Trauma maßgeblich beeinträchtigt sein [12,13].

■ Direkte Überkappung

Zwar wurde gezeigt, dass eine direkte Überkappung nach einer Expositionszeit von bis zu 24 Stunden noch möglich ist, aber vor dem Hintergrund einer höheren Erfolgssicherheit erscheint es ratsam, diese Dauer auf

maximal 2 Stunden zu beschränken [12]. Die Überkappung der (vorzugsweise kleinflächig eröffneten Pulpa) erfolgt mit Kalziumhydroxid oder alternativ mit weißem MTA (Mineral Trioxide Aggregate). Entscheidend für die weitere Prognose ist eine möglichst sofortige bakterien-dichte Restauration.

Merke: Die direkte Überkappung sollte maximal 2 Stunden nach Exposition erfolgen.

■ Partielle Pulpotomie

Bei längeren Expositionszeiten (ab 2 Stunden) ist die partielle Pulpotomie (nach dem Erstbeschreiber auch als *Mikroamputation nach Cvek* bekannt) indiziert [14] (Abb. 12 bis 22). Hierzu werden die potenziell infizierten koronalen 2 mm der Pulpa hochtourig unter kontinuierlicher Spülung mit physiologischer Kochsalzlösung mit einer diamantierten Walze entfernt. Ist die verbliebene Pulpa gesund, ist mit einem Sistieren der Blutung innerhalb von 5 Minuten zu rechnen. Vor diesem Hintergrund ist die Indikation für die partielle Pulpotomie weniger durch die Expositionszeit limitiert (sie kann in Einzelfällen auch mehrere Tage nach traumatischer Freilegung erfolgreich durchgeführt werden), sondern vielmehr durch den indirekten Hinweis auf eine irreversible Entzündung bei anhaltender Blutung. Auf die artifiziell freigelegte Pulpaoberfläche wird Kalziumhydroxid aufgebracht und mit einem erhärtenden Kalziumhydroxidzement überschichtet. Die Verwendung von MTA als Überkappungsmaterial wäre nach heutigem Wissensstand aus biologischer Sicht dem Kalziumhydroxid vorzuziehen, allerdings stehen möglicherweise auftretende Verfärbungen der Zahnkrone einer uneingeschränkten Empfehlung entgegen.

Merke: Das Sistieren der Blutung nach Amputation der Pulpa gibt Hinweise auf Entzündungsfreiheit der verbliebenen Pulpaanteile und bestätigt die Indikation für eine partielle Pulpotomie.



Abb. 12 Situation nach Kronenfraktur mit breitflächiger Freilegung der Pulpa.

Abb. 13 Gerade vor dem Hintergrund des noch nicht abgeschlossenen Wurzelwachstums wäre eine Vitalerhaltung von entscheidender Bedeutung für die weitere Prognose.



Die Literatur bescheinigt der partiellen Pulpotomie unabhängig von Größe der Pulpaeröffnung und Stand des Wurzelwachstums eine hohe Erfolgssicherheit [15]. Zähne mit nicht abgeschlossenem Wurzelwachstum können so ihr Wurzellängen und -dickenwachstum fortsetzen. Dadurch kann einerseits eine aufwendige Apexifikation umgangen werden, und andererseits eine erhöhte Stabilität vor dem Hintergrund der nachgewiesenen Frakturanfälligkeit von



Abb. 16 Nach Überschichtung mit einem erhärtenden Kalziumhydroxid-Zement sind die Voraussetzungen für die anschließende adhäsive Restauration geschaffen.



Abb. 14 Unter Kofferdam erfolgt die partielle Amputation der koronalen Pulpa (ca. 2 mm) mit einer Diamantwalze unter Kühlung mit steriler Kochsalzlösung. Das Sistieren der Blutung nach 5 Minuten bestätigt das Vorliegen einer nicht entzündlich veränderten Pulpa.

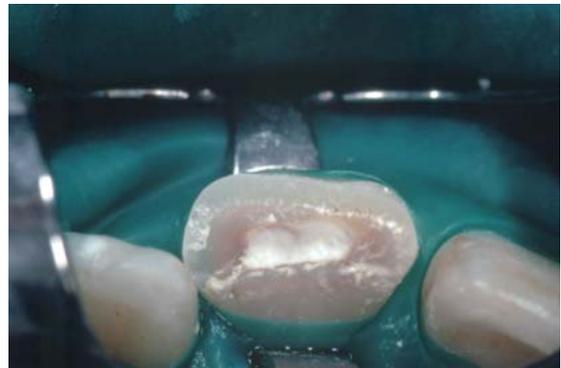


Abb. 15 Situation nach Abdeckung der künstlichen Wundfläche mit Kalziumhydroxid.

Frontzähnen mit nicht abgeschlossenem Wurzel (dicken-)wachstum [16] erreicht werden.

Merke: Im Zweifelsfall ist die partielle Pulpotomie der direkten Überkappung vorzuziehen.



Abb. 17 Situation nach Entfernung der alten, ästhetisch insuffizienten Restauration 11 Jahre nach partieller Pulpotomie. Die ehemalige Pulpawunde ist mit Reizdentin verschlossen. Der Zahn reagiert regelrecht auf den Sensibilitätstest.



Abb. 18 Herstellung der palatinalen Wand aus einer Schmelzmasse nach Randabschrägung und Konditionierung der Zahnoberflächen.



Abb. 19 Aufbau des Dentinkerns mit opaken Kompositmassen.



Abb. 20 Situation nach Auftragen der Schmelzmasse und anschließender Politur.



Abb. 21 Das Ergebnis nach Fertigstellung des Frontzahnaufbaus zeigt nach einem Monat eine gute Imitation des Nachbarzahns 21.

■ Pulpektomie

Besteht – beispielsweise bei begleitender ausgeprägter Dislokationsverletzung (> 1 – 2 mm bei abgeschlossenem Wurzelwachstum) – keine realistische Chance auf eine Regeneration pulpaler Strukturen, ist die Entfernung der Gesamtpulpa mit nachfolgender Wurzelkanalbehandlung indiziert. Im Falle eines offenen Apex



Abb. 22 Im Vergleich zur Situation vor 11 Jahren (Abb. 12) weist das angefertigte Röntgenbild auf einen Abschluss des Wurzelwachstums an Zahn 11 hin. Der ebenfalls vitale Zahn 21 lässt röntgenologisch das Vorliegen einer (im alten Röntgenbild nicht sichtbaren) Wurzelquerfraktur im apikalen Wurzel-drittel vermuten.

hat sich als Alternative zur herkömmlichen Apexifikation mittels Kalziumhydroxid die Herstellung einer apikalen Barriere mit MTA vor weiterer Wurzelkanalfüllung bewährt.

Merke: Nach Pulpektomie bei offenem Apex kann die Verwendung von MTA als apikale Barriere langwierige Apexifikationsbehandlungen mit Kalziumhydroxid ersetzen.

■ Restaurative Versorgung

Aus restaurativer Sicht stehen die gleichen Optionen wie bei Kronenfrakturen ohne Pulpaeröffnung zur Verfügung.



Abb. 23 Kronen-Wurzel-Fraktur 11 und Kronenfraktur 21. Das bewegliche koronale Fragment ist noch durch palatinale Parodontalfasern befestigt.



Abb. 24 Im angefertigten Röntgenbild ist nur der Verlauf der bukkalen Frakturlinie sichtbar.

Kronen-Wurzel-Fraktur mit und ohne Pulpaeröffnung

Die Therapie nach Kronen-Wurzel-Fraktur ist schwierig und erfordert die Berücksichtigung parodontaler, endodontischer und insbesondere restaurativer Überlegungen. Eine Vitalerhaltung (unter Anwendung oben genannter vitalerhaltender Maßnahmen) ist zwar wünschenswert, allerdings aufgrund der Notwendigkeit einer intrakanalären Verankerung für die restaurative Versorgung oft nicht möglich. Die Restauration ist durch die subgingival liegenden Defektgrenzen und oftmals durch weitere kleinere Dentinaussprengungen im Wurzelbereich massiv erschwert. Diese müssen ebenfalls entfernt werden, um die Situation beurteilen und die Therapie einleiten zu können [17].

■ Zahnerhalt durch chirurgische Kronenverlängerung

Eine komplette Fassung der ursprünglichen Defektgrenzen durch die Restauration ist insbesondere bei steilem Frakturverlauf nicht zwingend erforderlich. In vielen Fällen setzt jedoch eine adäquate Versorgung einen guten Zugang zum Defekt voraus. Hierfür kann im nicht sichtbaren Bereich eine chirurgische Kronenverlängerung vorgenommen werden (Abb. 23 bis 27).

Merke: Das gezielte Abtragen des Alveolar-knochens macht den Defekt für eine restaurative Versorgung zugänglich und stellt die biologische Breite wieder her.



Abb. 25 Das koronale Fragment zeigt einen typischen Frakturverlauf mit palatinalen Wurzelanteilen.

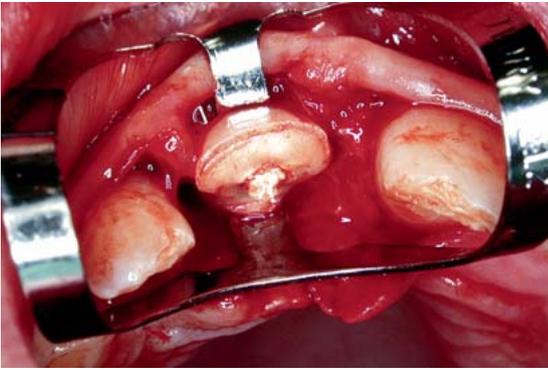


Abb. 26 Nach Aufklappung und Ostektomie stellt sich der Defekt dar und ermöglicht das Anlegen der Kofferdamklammer. Im palatinalen Wurzelbereich fällt eine kleinere zusätzliche Zahnwurzelaußsprengung auf. Diese muss vor der weiteren Therapie ebenfalls entfernt werden.

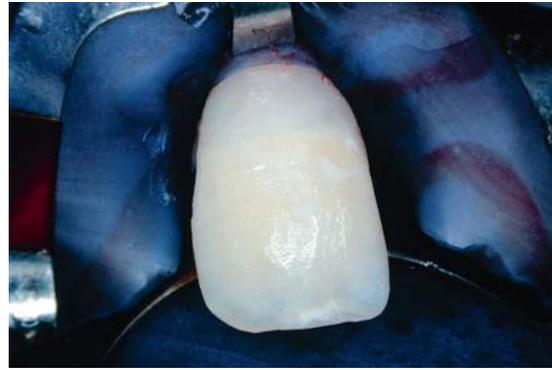


Abb. 27 Situation nach Reattachment des koronalen Fragments unter Kofferdam. Nach Fertigstellung der Wurzelkanalbehandlung ist eine adhäsive Stiftverankerung erforderlich.



Abb. 28 Situation nach Sportunfall mit Fraktur eines oberen Prämolaren.



Abb. 29 Nach Entfernung des lockeren bukkalen Fragments wird der tiefe Verlauf der Kronen-Wurzel-Fraktur deutlich.

■ Zahnerhalt durch Extrusion des Wurzelrests

Alternativ bietet sich die Extrusion der verbliebenen Wurzel an. Diese kann entweder kieferorthopädisch [18] oder chirurgisch im Sinne einer intraalveolären Transposition erfolgen [19] (Abb. 28 bis 36). Hierzu wird die Wurzel extrahiert, (gegebenenfalls nach Drehung um 180°) replantiert und in einer weiter koronal gelegenen Position geschiebt.

Merke: Bei vorsichtiger Extraktionstechnik ist der mechanische Schaden für die Wurzelzementschicht gering.

Demzufolge ist (vergleichbar mit einer Avulsion unter Idealbedingungen) eine parodontale Heilung (ohne Ankylose) zu erwarten. Klinische Studien bestätigen die günstige Prognose dieser Methode [19,20].

Die ästhetische Rehabilitation schließt – in Abhängigkeit von der verbliebenen Restzahnschubstanz – alle Möglichkeiten der restaurativen Versorgung vom



Abb. 30 Bukkalen Zahnfragment mit Pulpaanteilen.

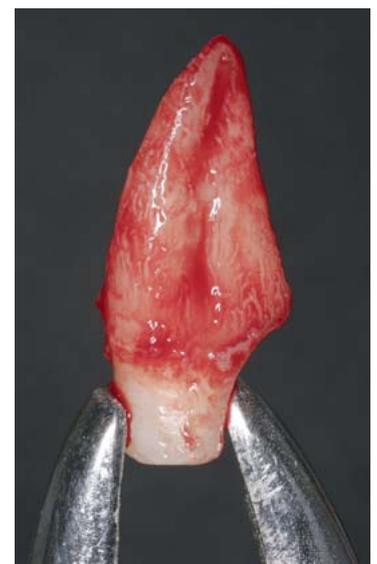


Abb. 31 Nach scharfer Durchtrennung der zugänglichen Bereiche des parodontalen Ligaments wird die Wurzel vorsichtig extrahiert.

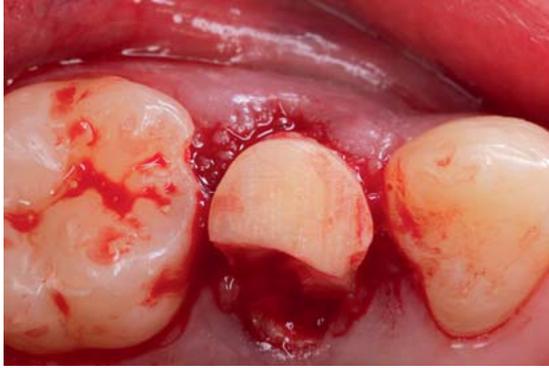


Abb. 32 Situation des nach Kürzung und Drehung um 180 Grad „unvollständig“ replantierten Zahns. Die ehemals palatinal liegenden Zahnanteile befinden sich nun im bukkalen Bereich.



Abb. 33 Der geschiente Zahn ist für endodontische Maßnahmen unter Kofferdam zugänglich.



Abb. 34 Das Röntgenbild zeigt das Ausmaß der chirurgischen Extrusion. Diese beträgt ca. 5 mm.



Abb. 35 Sechs Wochen nach Beginn der Therapie werden die Wurzelkanäle abgefüllt. Die parodontalen Heilungsprozesse sind weitgehend abgeschlossen. Der Zahn ist klinisch fest.



Abb. 36 Der Aufbau der Zahnkrone mit Komposit dient zumindest als langzeitprovisorische Lösung und kann zu einem späteren Zeitpunkt durch eine Krone ersetzt werden.

Kompositaufbau bis zur Überkronung mit ein. Wenn auch die Therapie von Kronen-Wurzel-Frakturen zu den technisch anspruchsvollsten Maßnahmen in der zahnärztlichen Traumatologie zählt und vielfach eher als langzeitprovisorische Versorgung gilt, ist bei Kindern bereits der Zahnerhalt bis ins implantationsfähige

Alter als Erfolg zu werten (Abb. 37). Milchzähne mit Kronen-Wurzel-Frakturen dagegen werden extrahiert.

Wurzelquerfraktur

Die primäre Therapie einer Wurzelquerfraktur hängt ganz entscheidend von der Lage des Frakturspalt in Relation zum gingivalen Sulkus ab. Günstige Voraussetzungen für den Erhalt beider Fragmente bestehen bei intraalveolären Frakturen aufgrund der fehlenden Verbindung zwischen Frakturspalt und Mundhöhle. Die Reposition des oftmals dislozierten koronalen Fragments und die anschließende Schienung zielen auf pulpare Regeneration und im Idealfall auf Einlagerung von osteoidem Hartgewebe in den Frakturspalt ab. Entgegen den früher empfohlenen zwei bis dreimonatigen Schienungszeiten werden wurzelquerfrakturierte Zähne heute – in Abhängigkeit vom Dislokationsbeziehungsweise Lockerungsgrad des kronentragenden Fragments – in den meisten Fällen rund vier Wochen geschient [21] (Abb. 38 und 39).

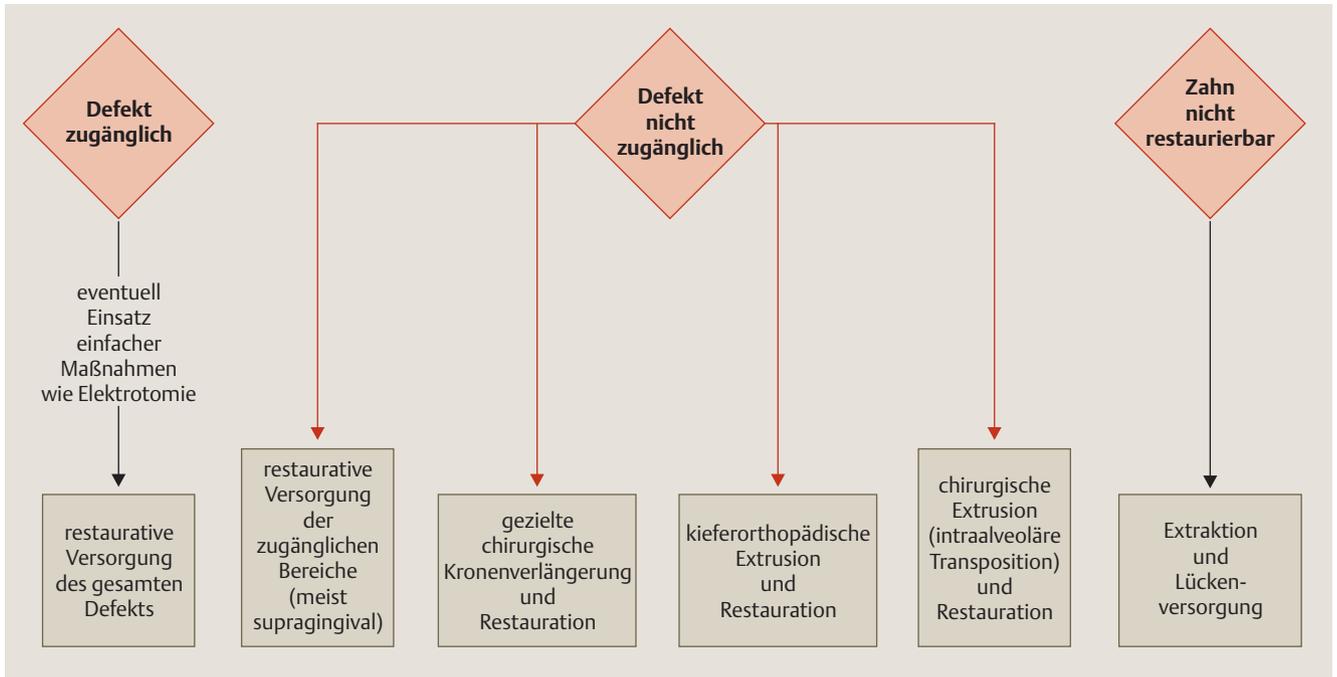


Abb. 37 Therapieoptionen bei Kronen-Wurzel-Frakturen in Abhängigkeit von der klinischen Situation.



Abb. 38 Röntgenologische Situation 3 Monate nach Wurzelquerfraktur an Zahn 21.



Abb. 39 Vier Jahre nach dem Trauma sind röntgenologisch deutliche Obliterationszeichen in beiden Fragmenten erkennbar. Sie sind als sichere Vitalitätszeichen zu interpretieren. Ein Therapiebedarf besteht nicht.

Abb. 40 Die klinische Situation stellt sich weitgehend unauffällig dar. Der Zahn ist fest. Die Sondierungstiefen liegen bei maximal 3 mm. Die Verfärbung der Zahnkrone gibt Hinweise auf die vorliegende Obliteration.



Merke: Zwar steigt mit zunehmendem Dislokationsgrad auch das Ausmaß der Pulpaschädigung, jedoch ist auch bei initial fehlender Reaktion auf den Sensibilitätstest in der Regel keine primäre endodontische Intervention erforderlich.

Bestehen trotz ausgeprägter Dislokation realistische Chancen auf eine Regeneration der Pulpa (bei großem Wurzelkanaldurchmesser an der Frakturstelle und/oder kurzer Revaskularisationsstrecke) im koronalen



Abb. 41 Wurzelkanalbehandlung bei einem Unterkieferfrontzahn mit Wurzelquerfraktur und klinischen Hinweisen auf das Vorliegen einer infizierten Pulpanekrose.

Fragment, ist ein längeres Abwarten (3–6 Monate) gerechtfertigt – unter der Voraussetzung, dass sich klinisch und röntgenologisch keine Hinweise auf infektionsbedingte Veränderungen ergeben haben [22].

Merke: Infektionszeichen sind unter anderem eine zunehmende Perkussionsempfindlichkeit, das Auftreten eines Fistelganges und eine periradikuläre Aufhellung im Bereich des Frakturspaltes.

In über drei Vierteln der Wurzelquerfrakturen ist eine Vitalerhaltung des Zahnes zu erwarten. Auch die häufig beobachteten Obliterationen des endodontischen Systems im koronalen und/oder apikalen Fragment sind – trotz oftmals fehlender Reaktion auf den Sensibilitätstest – als indirekter Hinweis auf eine Leistung vitaler Pulpazellen zu interpretieren und stellen keine Indikation für eine endodontische Intervention dar. Ergeben sich im weiteren Verlauf gesicherte Zeichen einer infizierten Pulpanekrose, ist eine auf das koronale Fragment beschränkte Wurzelkanalbehandlung durchzuführen (Abb. 41 und 42). Das apikale Fragment bleibt in der Regel vital und muss nicht behandelt

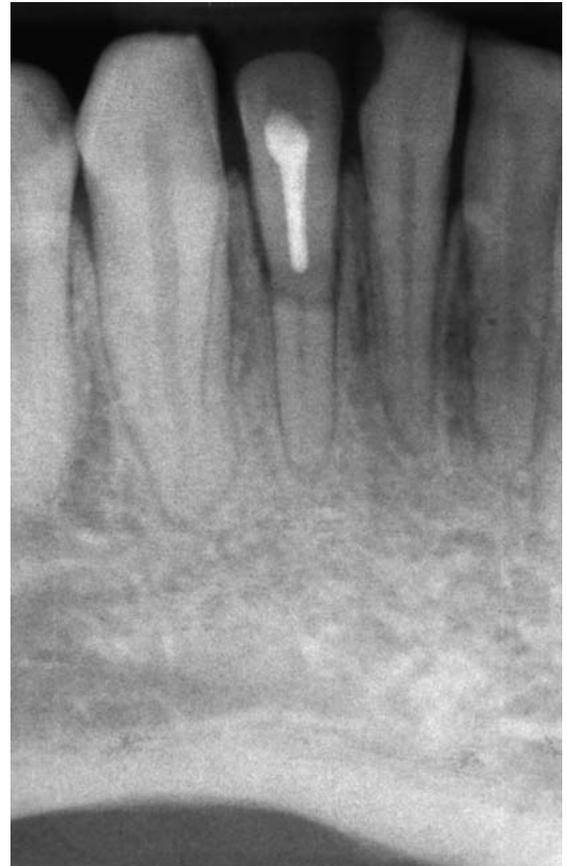


Abb. 42 Zustand nach Wurzelkanalfüllung des koronalen Fragments. Das vitale apikale Fragment ist röntgenologisch unauffällig und bedarf keiner Therapie.

werden. Bei Milchzähnen kommen Wurzelquerfrakturen äußerst selten vor und bedürfen bei fehlender Lockerung keiner besonderen Therapie. Bei starker Mobilität und/oder Dislokation des koronalen Fragments wird nur dieses extrahiert.

Merke: Bei einer Wurzelquerfraktur ist in der Mehrheit der Fälle (ca. 80%) mit einem Vitalitätserhalt zu rechnen. In seltenen Fällen einer infizierten Pulpanekrose wird nur das koronale Fragment wurzelkanalbehandelt.

Nachsorge und Prognose

Die Nachsorge im Anschluss an die Therapie dient zur Früherkennung potenzieller Komplikationen wie periapikale oder laterale Entzündungen und Resorptionen. Sie ist ein wichtiger Bestandteil im Hinblick auf weitere notwendige Therapiemaßnahmen, die den langfristigen Zahnerhalt sicherstellen sollen.

Merke: Wie für die meisten Verletzungsarten beim Zahntrauma sind Kontrollen nach 3, 6 und 12 Monaten empfehlenswert.

Anschließend erscheinen jährliche Nachkontrollen zumindest in den ersten 5 Jahren sinnvoll. Im Einzelfall sind Abweichungen von den genannten Kontrollintervallen insbesondere bezüglich der röntgenologischen Nachuntersuchungen möglich und diese abhängig von der klinischen Situation festzulegen.

Bei adäquater Therapie haben Zahnfrakturen im Allgemeinen eine günstige Prognose. Eine Vitalerhaltung der Pulpa ist bei Kronenfrakturen ohne Pulpabeteiligung in 94–98% und bei Kronenfrakturen mit Pulpabeteiligung in 72–100% der Fälle zu erwarten. Im Vergleich der vitalerhaltenden endodontischen Maßnahmen ist insbesondere die äußerst günstige Prognose der partiellen Pulpotomie hervorzuheben, die mit 94–100% der direkten Überkappung (72–81%) überlegen ist [23]. Auftretende Komplikationen während der Nachsorge betreffen meistens das Endodont oder die restaurative Versorgung. Beides ist meistens mit überschaubarem Aufwand therapierbar.

Tabelle 2

Prognose der Vitalerhaltung bei Zahnfrakturen.

Klinischer Befund	Prognose der Vitalerhaltung
Kronenfraktur ohne Pulpabeteiligung	■ 94–98%
Kronenfraktur mit Pulpabeteiligung	■ 72–100% ■ 94–100% bei Therapie durch partielle Pulpotomie, die der direkten Überkappung vorzuziehen ist.
Wurzelquerfraktur	■ 80%

Ebenfalls günstig in Bezug auf einen Erhalt der Pulpa-vitalität ist die Wurzelquerfraktur mit fast 80% [24,25]. Selbst bei Verlust der Vitalität kann die Wurzelkanalbehandlung des koronalen Fragments in vielen Fällen den Zahnerhalt sichern (Tab. 2).

Prognostisch nur schwierig einzuschätzen sind Kronen-Wurzel-Frakturen [26]. Zum einen muss die Pulpa in vielen Fällen aufgrund der Notwendigkeit einer intrakanalären Verankerung geopfert werden, zum anderen ist ein langfristiger Zahnerhalt aus restaurativen und parodontalen Gründen selbst dann nicht immer sichergestellt.

Über die Autoren

Gabriel Krastl



Jahrgang 1970, Studium der Zahnmedizin in Tübingen. 1998–2002 Wissenschaftlicher Assistent der Poliklinik für Zahnerhaltung Universitätsklinikum Tübingen (Prof. Dr. C. Löst), 2000 Promotion, 2002 Ernennung zum Oberarzt der Poliklinik für Zahnerhaltung, Tübingen. Seit 2005 Oberarzt an der Klinik

für Parodontologie, Endodontologie und Kariologie, Universitätskliniken für Zahnmedizin, Basel (Prof. Dr. R. Weiger). Seit 2005 Wissenschaftlicher Beirat der Zeitschrift „Endodontie“. Seit 2006 Gründung und Leitung Zahnunfall-Zentrum Basel zusammen mit Prof. Dr. A. Filippi. Schwerpunkte der klinischen Arbeit sind die Behandlung dentaler Trauma, ästhetische Kompositrestaurationen, endodontische und postendodontische Versorgungen. Wissenschaftliche Schwerpunkte sind Dentales Trauma, Postendodontische Versorgung. Hochschulpreis „Endodontische Kasuistik“ 2004 der Zeitschrift „Endodontie“.

Roland Weiger



Prof. Dr. med. dent., Klinikvorsteher der Klinik für Parodontologie, Endodontologie und Kariologie der Universitätskliniken für Zahnmedizin in Basel. 1985 Staatsexamen an der Universität Tübingen. 1996 Habilitation und seither Leitender Oberarzt und Stellvertreter des ärztlichen Direktors in Tübingen. 2000

C3-Professur mit Schwerpunkt Endodontologie, Abteilung Poliklinik für Zahnerhaltung des Universitätsklinikums Tübingen. Seit 2002 Ordinarius in der Klinik für Parodontologie, Endodontologie und Kariologie der Universität Basel. Spezialist für Präventive und Restaurative Zahnmedizin der Schweizerischen Vereinigung für Präventive und Restaurative Zahnmedizin (SVPR). Spezialist für Endodontologie der Schweizerischen Gesellschaft für Endodontologie (SEE). Chairman des Research Committee der European Society of Endodontology (ESE). Mitherausgeber der Zahnmedizin up2date.

Andreas Filippi



1990–1998 Wissenschaftlicher Mitarbeiter und wissenschaftlicher Assistent (C1) der Abteilung Oralchirurgie und Zahnärztliche Poliklinik der Universität Gießen, 1991 Promotion, 1992 Erlangung der Gebietsbezeichnung „Oralchirurgie“ in Deutschland, 1999 Habilitation und Ernennung zum Pri-

vatdozent, 1999–2001 Oberarzt der Klinik für Oralchirurgie und Stomatologie der Universität Bern, seit 2001 Stellvertreter des Klinikvorstehers der Klinik für Zahnärztliche Chirurgie, Radiologie, Mund- und Kieferheilkunde der Universität Basel, 2001 Fachzahnarzt für Oralchirurgie in der Schweiz, 2005 Ernennung zum Professor der Universität Basel, 2006 Gründung des Zahnunfall-Zentrums der Universität Basel zusammen mit Dr. Gabriel Krastl, seit 2007 Präsident der Schweizerischen Gesellschaft für Oralchirurgie und Stomatologie.

Korrespondenzadresse

Dr. Gabriel Krastl

Klinik für Parodontologie, Endodontologie und Kariologie
Universitätskliniken für Zahnmedizin

Hebelstr. 3

CH-4056 Basel

E-Mail: gabriel.krastl@unibas.ch

Literatur

- 1 Andreasen JO, Andreasen FM, Andersson L. Textbook and color atlas of traumatic injuries to the teeth. Copenhagen: Munksgaard; 2007
- 2 Olsburgh S, Jacoby T, Krejci I. Crown fractures in the permanent dentition: pulpal and restorative considerations. *Dent Traumatol* 2002; 18: 103–115
- 3 Flores MT, Andersson L, Andreasen JO, Bakland LK, Malmgren B, Barnett F, Bourguignon C, Diangelis A, Hicks L, Sigurdsson A, Trope M, Tsukiboshi M, von AT. Guidelines for the management of traumatic dental injuries. I. Fractures and luxations of permanent teeth. *Dent Traumatol* 2007; 23: 66–71
- 4 Weiger R, Krastl G. Das dentale Trauma. In: Baumann M, Beer R (Hrsg). *Farbatlanten der Zahnmedizin: Endodontologie*. Stuttgart: Thieme; 2007: 325–336
- 5 Love RM. Bacterial penetration of the root canal of intact incisor teeth after a simulated traumatic injury. *Endod Dent Traumatol* 1996; 12: 289–293
- 6 Andreasen FM, Noren JG, Andreasen JO, Engelhardtson S, Lindh-Stromberg U. Long-term survival of fragment bonding in the treatment of fractured crowns: a multicenter clinical study. *Quintessence Int* 1995; 26: 669–681
- 7 Farik B, Munksgaard EC, Andreasen JO, Kreiborg S. Drying and rewetting anterior crown fragments prior to bonding. *Endod Dent Traumatol* 1999; 15: 113–116
- 8 Anding C. Diagnostik und Therapie von Kronen- und Kronen-Wurzel-Frakturen. *Zahnärztl Mitt* 2007; 97: 36–44
- 9 Klaiber B, Hugo B, Hofmann N. Improving Outcome: Anterior Restorations. In: Wilson N, Roulet F, Fuzzi M (Hrsg). *Advances in Operative Dentistry. Challenges of the Future*. Berlin: Quintessence; 2001: 185–196.
- 10 Hugo B, Denner W. *Ästhetik mit Komposit. Grundlagen und Techniken*. Berlin: Quintessenz; 2008
- 11 Magne P, Belser U. *Adhäsiv befestigte Keramikrestorationen*. Berlin: Quintessenz; 2004
- 12 Filippi A, Krastl G. *Traumatologie im Milch- und Wechselgebiss*. Quintessenz 2007; 58: 739–752
- 13 Robertson A, Andreasen FM, Andreasen JO, Noren JG. Long-term prognosis of crown-fractured permanent incisors. The effect of stage of root development and associated luxation injury. *Int J Paediatr Dent* 2000; 10: 191–199
- 14 Cvek M. A clinical report on partial pulpotomy and capping with calcium hydroxide in permanent incisors with complicated crown fracture. *J Endod* 1978; 4: 232–237
- 15 Fuks AB, Cosack A, Klein H, Eidelman E. Partial pulpotomy as a treatment alternative for exposed pulps in crown-fractured permanent incisors. *Endod Dent Traumatol* 1987; 3: 100–102
- 16 Cvek M. Prognosis of luxated non-vital maxillary incisors treated with calcium hydroxide and filled with gutta-percha. A retrospective clinical study. *Endod Dent Traumatol* 1992; 8: 45–55
- 17 Kirschner H, Pohl Y, Filippi A, Ebeleseder K. *Unfallverletzungen der Zähne*. München: Urban und Fischer; 2005
- 18 Chaushu S, Shapira J, Heling I, Becker A. Emergency orthodontic treatment after the traumatic intrusive luxation of maxillary incisors. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2004; 126: 162–172
- 19 Caliskan MK, Turkun M, Gommel M. Surgical extrusion of crown-root-fractured teeth: a clinical review. *Int Endod J* 1999; 32: 146–151
- 20 Tegsjo U, Valerius-Olsson H, Frykholm A, Olgart K. Clinical evaluation of intra-alveolar transplantation of teeth with cervical root fractures. *Swed Dent J* 1987; 11: 235–250
- 21 Berthold C. Schienentherapie nach dentoalveolären Traumata (Stellungnahme der DGZMK). *Zahnärztl Mitt* 2005; 95: 36–37
- 22 Krastl G, Weiger R, Filippi A. Die Wurzelquerfraktur. *Zahnärztl Mitt* 2007; 97: 1270–1274
- 23 Olsburgh S, Jacoby T, Krejci I. Crown fractures in the permanent dentition: pulpal and restorative considerations. *Dent Traumatol* 2002; 18: 103–115
- 24 Andreasen JO, Andreasen FM, Mejare I, Cvek M. Healing of 400 intra-alveolar root fractures. 1. Effect of pre-injury and injury factors such as sex, age, stage of root development, fracture type, location of fracture and severity of dislocation. *Dent Traumatol* 2004; 20: 192–202
- 25 Andreasen JO, Andreasen FM, Mejare I, Cvek M. Healing of 400 intra-alveolar root fractures. 2. Effect of treatment factors such as treatment delay, repositioning, splinting type and period and antibiotics. *Dent Traumatol* 2004; 20: 203–211
- 26 Olsburgh S, Jacoby T, Krejci I. Crown fractures in the permanent dentition: pulpal and restorative considerations. *Dent Traumatol* 2002; 18: 103–115
- 27 Van Waes H. *Dentale Traumatologie bei Kindern und Jugendlichen*. In: *Farbatlanten der Zahnmedizin: Kinderzahnmedizin*; Stuttgart: Thieme; 2008: 289–372

CME-Fragen

Die folgenden Fragen beziehen sich auf den vorangehenden Beitrag. Sie können uns die entsprechenden Antworten entweder online unter <http://cme.thieme.de> oder durch das CME-Teilnahmeheft hinten in dieser Zeitschrift zukommen lassen. Jeweils eine Antwort ist richtig. Die Vergabe von CME-Punkten ist an die korrekte Beantwortung der Multiple-Choice-Fragen gebunden.

1	
Die standardmäßige klinische Untersuchung nach Zahntrauma beinhaltet nicht	<p>A die Feststellung von Zahnlockerungen.</p> <p>B die Überprüfung von Sensibilität und Perkussion.</p> <p>C die Bestimmung der Zahnfarbe.</p> <p>D die Erhebung zirkulärer Sondierungstiefen.</p> <p>E die Untersuchung der Weichgewebe.</p>
2	
Eine längere Trockenlagerung vorhandener Zahnfragmente nach Kronenfraktur führt zu	<p>A besseren Haftwerten.</p> <p>B besserer Farbangleichung.</p> <p>C schlechterer Reponierbarkeit.</p> <p>D pulpitischen Beschwerden.</p> <p>E schlechteren Haftwerten.</p>
3	
Eine partielle Pulpotomie	<p>A bietet im Vergleich zur direkten Überkappung eine wesentlich geringere Erfolgssicherheit.</p> <p>B ist bei Zähnen mit komplizierter Kronenfraktur heute nicht mehr indiziert.</p> <p>C sieht die Verwendung von Ledermix zur Abdeckung der Pulpawunde vor.</p> <p>D kann auch bei Zähnen mit abgeschlossenem Wurzelwachstum erfolgreich durchgeführt werden.</p> <p>E sieht die Amputation der gesamten Kronenpulpa vor.</p>
4	
Die Wurzelquerfraktur	<p>A führt zum Verlust der Pulpavitalität im apikalen sowie im koronalen Zahnfragment.</p> <p>B macht eine Wurzelkanalbehandlung des koronalen Fragments erforderlich.</p> <p>C erfordert in der Mehrzahl der Fälle die Schienung des betroffenen Zahnes unter Verzicht auf eine Wurzelkanalbehandlung.</p> <p>D lässt sich in den meisten Fällen klinisch diagnostizieren.</p> <p>E erfordert die chirurgische Entfernung des apikalen Fragments.</p>
5	
Traumatisch bedingte Schmelzrisse	<p>A können meistens leicht diagnostiziert werden.</p> <p>B verlaufen meistens in Richtung der Zahnachse.</p> <p>C müssen mit Komposit versorgt werden.</p> <p>D können eine potenzielle Eintrittsstelle für Mikroorganismen darstellen.</p> <p>E führen in der Mehrheit der Fälle zum Verlust der Pulpavitalität.</p>
6	
Kronen-Wurzel-Frakturen	<p>A führen definitionsgemäß zu einer Freilegung der Pulpa.</p> <p>B weisen bei Oberkieferfrontzähnen typischerweise labial weit in den Wurzelbereich reichende Defekte auf.</p> <p>C gehören zu den häufigsten Zahnverletzungen.</p> <p>D weisen häufig ein mobiles, aber noch befestigtes koronales Fragment auf.</p> <p>E können radiologisch bezüglich des Frakturverlaufs exakt dargestellt werden.</p>

CME-Fragen

Frontzahntrauma: Zahnhartsubstanzverletzungen

7

Für die Therapie von Kronen-Wurzel-Frakturen mit weit subgingival liegenden Defektgrenzen ist *keine* sinnvolle Option die

- A restaurative Versorgung der zugänglichen Bereiche.
- B chirurgische Kronenverlängerung mit anschließender Restauration.
- C restaurative Versorgung des gesamten Defektes mit feuchtigkeitstoleranten Glasionomerzementen.
- D kieferorthopädische Extrusion mit anschließender Restauration.
- E chirurgische Extrusion (intraalveoläre Transposition) mit anschließender Restauration.

8

Die Schienungszeit nach Wurzelquerfraktur beträgt für die meisten Fälle

- A 1 bis 2 Wochen.
- B 4 Wochen.
- C 12 Wochen.
- D 6 Monate.
- E Es ist keine Schienung erforderlich.

9

Ein Zahn mit offenem Apex und ca. 3 Stunden zurückliegendem Unfall mit Kronenfraktur ohne Pulpabeteiligung

- A muss im Rahmen der Primärtherapie mit einem Wundverband abgedeckt werden.
- B muss bei begleitender Lockerung wurzelkanalbehandelt werden.
- C muss im Rahmen der Primärtherapie mit einer definitiven bakterien-dichten Restauration versorgt werden.
- D muss geschient werden.
- E muss partiell pulpotomiert werden.

10

Das pulpare Regenerationsvermögen nach Kronenfraktur mit Pulpabeteiligung wird am meisten beeinflusst durch

- A die Größe der Pulpaeröffnung.
- B das Patientenalter.
- C die Dauer bis zur Erstversorgung.
- D den Stand des Wurzelwachstums.
- E die Bakterienzusammensetzung im Speichel.